

Dans ce numéro : Ph. DUCHAUFOUR, M. JACAMON, E. DEBAZAC et J. PARDÉ : L'utilisation pratique de la cartographie des stations. — M. BARDEL : La forêt de buis du domaine de Coudrée. — B. HURÉ : Batailles de feuilles et rondes des essences. — R. VINEY : La contribution foncière de la propriété forestière.

UN EXEMPLE D'UTILISATION PRATIQUE DE LA CARTOGRAPHIE DES STATIONS : LA FORÊT DU BAN D'ÉTIVAL (Vosges)

par

Ph. DUCHAUFOUR

Ingénieur Principal des Eaux et Forêts

J. PARDÉ, M. JACAMON et E. DEBAZAC

Ingénieurs des Eaux et Forêts

Nombreuses ont été les critiques adressées à certains agronomes et forestiers qui se complaisent à examiner les plantes sauvages et à en faire des listes, ou qui creusent de multiples trous et font analyser tous les horizons du sol, sans en tirer jamais aucune conclusion pratique. Les quolibets, adressés à ces savants stériles, sont justifiés.

Il n'en reste pas moins vrai cependant qu'un forestier ne sera jamais un bon ingénieur, s'il ne connaît pas les conditions de nutrition et de vie des peuplements qu'il cultive. C'est ce qu'on appelle la station, révélée extérieurement par la présence de certaines associations de plantes. La valeur indicatrice de la présence des végétaux formant la couverture du sol a été l'objet d'études approfondies, œuvre majeure de M. GUINIER et base de l'enseignement à 37 promotions de l'Ecole forestière.

L'observateur forestier a été dressé à apprécier la fréquence des plantes caractéristiques pour faire un diagnostic de station. Il doit le faire en liaison avec le pédologue. La station ainsi définie a vocation à porter des peuplements forestiers qui peuvent être définis à l'avance pour donner une production optimum.

Un aménagement est sans valeur s'il ne trace pas à la forêt les objectifs de l'avenir. La forêt se développant dans des conditions déterminées devra atteindre un certain état normal et, lorsqu'elle

l'aura atteint, elle pourra produire chaque année un volume de bois que nous pouvons fixer à l'avance. Les chercheurs forestiers de tous pays ont établi des tables de production qui traduisent matériellement l'évolution d'une forêt idéale poussant dans des conditions de station homogène.

La réalité est plus complexe et très spécialement dans les forêts françaises de montagne.

C'est la raison pour laquelle les ingénieurs attachés à la Station de Recherches de Nancy ont tenu à approfondir le cas d'une petite forêt vosgienne affectée depuis longtemps à l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts.

L'étude qu'ils présentent ci-dessous est le résultat d'un travail d'équipe demandé par leur directeur actuel.

Une carte détaillée de la forêt du Ban d'Etival a été dressée par MM. DUCHAUFOUR, JACAMON et DEBAZAC en utilisant des groupes d'élèves dirigés chacun par un moniteur professeur, chercheur ou assistant, et après échange de vues très profond.

Le calcul de la production aurait pu se faire par des procédés très modernes, et si M. PARDÉ a dû renoncer aux méthodes par sondages qu'il a lui-même contribué à mettre si bien au point, c'est que les neiges et les gelées tardives sont venues mettre un obstacle à ce travail.

Il a exploité les archives de la Station de Recherches minutieusement tenues à jour et permettant de reconstituer l'évolution de cette forêt depuis 70 ans. Mais il a été contraint de reprendre les unités parcellaires, et de limiter le choix à un nombre très réduit de parcelles car les divisions primitives ne tenaient pas compte des stations.

Le travail publié n'est donc plus seulement l'œuvre de l'équipe qui le présente, mais il fait la soudure avec le passé, mettant en évidence la continuité nécessaire du travail de recherches.

Il serait dangereux de conclure que de telles observations suffiront au cours des révisions d'aménagement pour donner le chiffre des possibilités. Nous ne saurions trop insister sur la différence qui peut exister entre la production instantanée d'une forêt et la production qu'elle pourra donner lorsqu'elle sera normalement en équilibre.

La méthode trace néanmoins une voie heureuse à tous les aménagistes qui ont des forêts hétérogènes. Elle les aidera souvent à faire des parcellaires plus logiques et à savoir ce qu'ils pourront demander à chaque série de leur forêt.

Les conclusions sont immédiatement transposables à de nombreux massifs des Basses Vosges gréseuses.

Nous avons donc pensé que la publication de cette étude serait appréciée de nos lecteurs.

R. VINEY.

SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET CONDITIONS ÉCOLOGIQUES D'ENSEMBLE

L'unité choisie pour l'étude qui va suivre est constituée par les 106 ha de la forêt du Ban d'Etival, qui furent distraits du massif domanial du même nom en 1885 et 1887, pour être affectés à l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, dans le but d'y entreprendre des expériences comparatives sur les différents modes de calcul de possibilités dans les forêts jardinées (*).

Cette petite forêt est située en plein cœur des Basses-Vosges, à une dizaine de kilomètres à vol d'oiseau à l'ouest de Saint-Dié et au sud du village de la Bourgonce.

I. — CONDITIONS GÉNÉRALES AUX BASSES-VOSGES

Cette région géographique des Basses-Vosges est bien connue. Elle a fait déjà l'objet d'études forestières à maintes occasions (8 - 14 - 15). C'est pourquoi nous pensons qu'il n'est pas indispensable de reprendre dans les détails la description des conditions géographiques et écologiques d'ensemble qui la caractérisent. Nous nous bornerons à en rappeler pour mémoire les grandes lignes, en attirant toutefois l'attention sur le fait que l'étude qui va suivre fournira des résultats qui, estimons-nous, sont valables sauf exceptions très locales, pour l'ensemble du grand massif forestier des Basses-Vosges.

C'est principalement le substratum gréseux qui confère son unité à cette région. Elle s'appuie au sud-est et à l'est sur la chaîne granitique des Hautes-Vosges, suivant une ligne passant par les agglomérations d'Eloyes, Corcieux, Saint-Dié, le Col du Donon, et est limitée à l'ouest et au nord-ouest par la disparition du grès vosgien sous la couverture plus récente du grès bigarré, c'est-à-dire approximativement par la ligne Pouxoux, Grandvillers, Autrey, Sainte-Barbe, Badonviller, Cirey-sur-Vezouze, etc... C'est donc une bande d'abord très étroite vers le sud-ouest qui va s'élargissant considérablement vers le nord-est, pour constituer à elle seule la chaîne des Vosges au nord du col du Donon.

L'altitude s'élève régulièrement de 300-350 m à l'ouest à 700-800 m à l'est, et, exceptionnellement plus en quelques points, tels que le Donon (1 008 m).

La roche-mère est constituée principalement par le grès vosgien, couronné du niveau de conglomérat qui, du fait de sa dureté, a très souvent résisté à l'érosion et joue un grand rôle dans la constitution du paysage, en même temps que dans la topographie de détail. La nature très grossière de ses éléments, sa pauvreté expliquent

(*) La cartographie des stations a porté en outre sur 25 ha de la forêt domaniale enclavés dans la forêt de l'Ecole.

aussi les conditions pédologiques qui règnent sur les colluviums en provenance de ce niveau.

Assez souvent, dans les Basses-Vosges, le grès vosgien et son conglomérat restent encore recouverts d'une couche plus ou moins épaisse de grès à structure plus fine, plus riche en argile, qui peut se rattacher au grès bigarré, mais qui, en fait, s'en distingue suffisamment pour qu'on puisse le désigner sous le nom de grès intermédiaire. Jusqu'à ces très récentes années, ce grès intermédiaire ne fut pas distingué, en France tout au moins, soit qu'on l'ait identifié au grès bigarré, soit plus souvent qu'on n'ait pas fait attention à sa présence et qu'on n'ait pas remarqué sa nature particulière expliquant la qualité des peuplements forestiers qu'il porte.

Grès vosgien et grès intermédiaire forment des sols trop pauvres, le premier surtout, pour pouvoir être utilisés à autre chose qu'à la forêt. Ils représentent l'essentiel du substratum de la sapinière des Basses-Vosges. Par contre, le permien, situé en dessous du grès vosgien, est nettement plus riche. Il apparaît parfois en forêt dans les fonds de vallons, mais constitue surtout le grand affleurement de la cuvette de Saint-Dié et, en proportion moindre, celui de la région de Bruyères, où la forêt a fait place à des cultures.

Le climat des Basses-Vosges est nettement montagnard, avec en outre des marques déjà certaines de continentalité. L'indice pluviométrique augmente sensiblement de 900 mm à 1 500 mm environ, au fur et à mesure qu'on avance de l'ouest à l'est vers l'axe principal de la chaîne. Les chutes de neige ne sont pas abondantes, mais elles peuvent être très dangereuses, quand la neige est lourde et collante, telle celle de mi-février 1958 qui a provoqué de gros dégâts de chablis. L'état hygrométrique est toujours élevé, sauf en certains jours de printemps et d'été, sur les versants sud et sud-ouest du grès vosgien et sur les bords de la table de conglomérat. La température moyenne annuelle se situe entre 6 et 8° suivant les points du massif. Les basses températures sont nettement à craindre dans les fonds de vallons, surtout au moment des débourrements de printemps.

Mais outre la nature précise de la roche-mère et sa profondeur, le facteur différentiel qui joue le plus dans les Basses-Vosges dans la détermination des types de stations est l'exposition. Le massif de grès vosgien et sa table de conglomérat sont en effet profondément entaillés par de nombreuses vallées assez étroites, pour la plupart dirigées grossièrement est-ouest et, se rattachant à celles-ci, par un réseau très serré de vallons pénétrant dans le massif sur des longueurs de 500 à 1 500 m en général. Ce sont « les basses », pour employer le terme local. Elles ont plusieurs conséquences extrêmement importantes, au point de vue écologique :

— constitution de véritables promontoires tabulaires de conglomérat entre les « basses ».

— drainage accentué de ces promontoires et de toutes les parties qui dominent les vallons, et en contrepartie suintements et apparition de sources dans le bas.

— accumulation de colluviums sur les pentes, dont la nature et par suite les propriétés pédologiques seront très différentes, suivant que les matériaux proviendront du grès intermédiaire (stations profondes et conservant la fraîcheur) ou du conglomérat lui-même (stations à éléments grossiers très filtrants, se desséchant facilement).

— parfois affleurement du permien au bas des vallons (ce ne sera pas le cas au Ban d'Etival).

— zones à accumulation d'air froid et de brouillard, et à gelées de printemps dangereuses dans les fonds.

— enfin et surtout création de tous les types d'exposition à l'ensoleillement.

Ce sont tous ces facteurs qui vont jouer, de façon imbriquée, pour conditionner l'écologie des stations qui vont nous intéresser. Il convient toutefois de préciser, qu'à aucun moment, nous ne pousserons l'étude du détail jusqu'à la microstation. Nous nous placerons en général à l'échelle de l'hectare — ou plus — étant bien entendu que les résultats obtenus doivent être applicables dans la pratique de la gestion du massif.

II. — CONDITIONS PROPRES AU BAN D'ETIVAL

L'étude envisagée devait porter sur une forêt, qui tout en ayant une superficie totale réduite, offre tous les aspects possibles de cette diversité. La forêt du Ban d'Etival y répond parfaitement. Elle présente en effet une pente générale inclinée vers l'ouest, entre les altitudes extrêmes de 380 m et de 610 m, mais trois « basses » profondes, orientées nord-ouest-sud-est pénètrent loin dans le massif, l'une surtout, et le fractionnement en trois môles puissants insérés au sud-est par leur base au vaste plateau de la forêt communale de la Voivre. Le grès intermédiaire va constituer l'essentiel des zones les plus plates et les plus élevées situées à l'est, qui se rattachent à ce plateau. Il a été au contraire enlevé par érosion de la surface des deux môles les plus au nord, qui se trouvent alors couronnés par le banc de conglomérat plus dur, qui a résisté à ce décapage. Le môle sud est tronqué par la limite administrative de la forêt. Les pentes des vallons, directement en dessous du conglomérat, sont en général recouvertes de colluviums plus ou moins épais et plus ou moins filtrants (voir plus loin figure 2).

L'exposition des vallons offre enfin des oppositions très marquées, soit vers le sud-ouest et par conséquent très ensoleillées, soit vers le nord-est très ombragées.

A défaut de données climatologiques précises obtenues en fo-

rêt même, on peut estimer la pluviosité sans grand risque d'erreur à 1 100 mm (moyenne des années 1900 à 1956 à Saint-Dié: 1 080 mm).

Deux autres éléments étaient en outre favorables au choix de cette forêt:

- son traitement en jardinage, qui conserve la continuité des actions écologiques sur une station donnée,

- son fractionnement en très petites parcelles (3,5 ha en moyenne), qui devait faciliter beaucoup la mise en place de la cartographie des stations et plus encore les calculs de production.

(M. J.)

GÉOLOGIE ET PÉDOLOGIE

I. — LES TYPES DE ROCHES-MÈRES

Comme cela a été signalé dans l'introduction, la roche-mère est dans son ensemble le *grès triasique*, à ciment ferrugineux, qui lui donne sa couleur rose caractéristique: on peut en distinguer trois faciès principaux, qui sont de bas en haut: le *grès vosgien*, grossier, très quartzeux; le *conglomérat*, très dur, à gros cailloux de quartz roulés; et enfin le *grès intermédiaire*, plus fin, plus argileux, qui fait transition avec le niveau supérieur, grès bigarré, non représenté dans la forêt.

L'affleurement de conglomérat donne naissance à une sorte de falaise abrupte, très caractéristique, il constitue donc un niveau repère: Au nord-est et au sud de la forêt, où les pentes sont peu accusées, mais où les altitudes sont maxima, il est largement recouvert par le grès intermédiaire; au contraire, les plates-formes étroites de conglomérat, qui s'avancent dans la partie nord-est, ont été dénudées par l'érosion et sont bordées par des pentes plus abruptes.

Sous la falaise de conglomérat, au sommet des pentes peu accentuées, le grès vosgien en place affleure; mais les pentes plus raides, qui bordent les basses, sont caractérisées par un *colluvium*, résultant du remaniement des débris, formés par l'érosion des niveaux supérieurs; ce colluvium peut être un mélange meuble d'éléments fins et grossiers, lorsque le grès intermédiaire participe à sa formation. Sur les pentes peu raides, où des blocs épars de conglomérat détachés de la falaise peuvent s'observer de place en place, on a affaire au contraire à un colluvium très grossier et très filtrant.

Si ces divers affleurements gréseux offrent une composition granulométrique et une richesse en cailloux très variables, par contre, leur composition chimique est assez constante; leur réserve en éléments minéraux, en calcium en particulier, est très faible: les types de sols auxquels ils donnent naissance sont donc *acides*; même les humus, les plus actifs biologiquement (Mull), qui les caractérisent, sont fortement désaturés en bases.

II. — FACTEURS DE L'ÉVOLUTION DES SOLS

L'évolution des sols est la résultante de l'interaction de la topographie et de la géologie d'une part, des facteurs biologiques d'autre part; nous examinerons successivement l'influence de chacun de ces facteurs du milieu.

1° *Facteurs topographiques et géologiques.*

La *roche-mère* intervient surtout par sa teneur relative en éléments fins et grossiers; les sols les moins évolués s'observent sur les grès intermédiaires, plus riches en argile et plus pauvres en sables grossiers que les grès vosgiens; sur ces derniers et surtout sur les sols colluviaux grossiers, riches en cailloux roulés, on note au contraire la présence de sols plus ou moins fortement podzolisés. Signalons enfin que la présence de certains niveaux imperméables argileux, au sein des éléments colluviaux mélangés, peut donner naissance à des nappes « suintantes », qui font apparaître des types de végétation hygrophile (type IIa).

La *pente* joue un rôle non moins important dans la pédogénèse: les sommets des pentes, les plateaux où affleure le grès en place, sont caractérisés par les sols les plus podzolisés: les podzols humo-ferrugineux, en particulier, s'observent sur les affleurements de grès vosgien, à faible pente.

Au contraire, les bas de pente, où les sols sont rajeunis par colluvionnement et par des apports d'éléments fins résultant du lessivage oblique, sont souvent moins évolués.

L'*exposition* ne semble pas intervenir directement, sur l'évolution des sols, mais elle joue un rôle *indirect* important, par l'intermédiaire des facteurs biologiques: l'humus se décompose plus mal sur les versants chauds et secs que sur les versants frais; il en résulte que la podzolisation est plus accentuée sur les premiers que sur les seconds. D'autre part, l'exposition modifie le microclimat du sol, en agissant surtout sur l'évaporation plus ou moins rapide de ses réserves d'eau, ce qui a des conséquences importantes sur la répartition des types de forêt et de végétation (voir ce paragraphe).

2° *Les facteurs biologiques.*

L'activité microbiologique est considérablement favorisée par un mélange de débris végétaux de différentes origines; en particulier, le mélange de feuilles de Hêtre aux aiguilles de Sapin tend à donner naissance à un Mull, alors que les aiguilles de Résineux, à l'état pur, favorisent la formation d'un Moder ou même d'un Mor. Il en est de même des plantes du sous-bois: les Ericacées, Myrtille

ou Callune, engendrent de l'humus brut, leurs débris très lignifiés et pauvres en azote se décomposant incomplètement.

On peut alors résumer l'action du milieu sur l'évolution du sol, de la façon suivante :

1) Sous les peuplements mélangés de Résineux et de Hêtre, qui s'observent aux expositions fraîches et sur les roches-mères les plus riches en argile, on note la formation d'un Mull à décomposition rapide ; cet humus libère peu de produits organiques solubles, qui n'exercent qu'une faible action sur la fraction minérale du profil : le sol évolue lentement ; c'est un sol brun à Mull.

2) Sous les peuplements purs de Résineux, en station sèche, par suite d'une exposition chaude, ou d'une insuffisance d'éléments fins dans la roche-mère (parfois les deux ensemble), il tend à se former un humus brut à décomposition lente, qui engendre une quantité importante de composés organiques solubles, très acides ; ceux-ci attaquent brutalement la roche-mère, provoquent son altération rapide avec libération du fer : les sols appartiennent alors à la série « podzolique ».

III. — PRINCIPAUX TYPES DE SOLS

Les phases de l'évolution des sols sur grès vosgien sont matérialisées par 3 profils caractéristiques. Nous décrirons d'abord sommairement ces profils types, puis nous passerons à l'étude de leurs propriétés et de leur action sur la végétation forestière.

1° *Description des profils* (fig. 1).

a) *Le sol brun à Mull.*

Ces sols sont caractérisés par un profil encore peu différencié : l'humus est un Mull, à décomposition rapide, formant une transition progressive avec le sol minéral ; l'horizon A₁ offre une structure grumeleuse très nette, les grains de quartz étant agglomérés par un ciment argilo-humique ; sous cet A₁, de 3 à 5 cm d'épaisseur seulement, on observe un horizon d'altération (B), d'une quarantaine de centimètres, de couleur brun violacé ; ces deux horizons sont parcourus par des racines très denses. En dessous, on passe au grès intermédiaire, encore peu décomposé et parsemé de fragments inaltérés.

b) *Sols ocres podzoliques, à Moder ou à Mor peu épais.*

L'humus, se décomposant déjà beaucoup plus lentement que dans le cas précédent, est caractérisé par un horizon A₀ fibreux, de 2 à 4 cm d'épaisseur, et par un A₁, de 10 cm d'épaisseur environ, de couleur noire, où matière organique et matière minérale sont intimement mélangées, mais sans formation d'agréats : les grains de quartz sont très transparents. On note souvent la formation

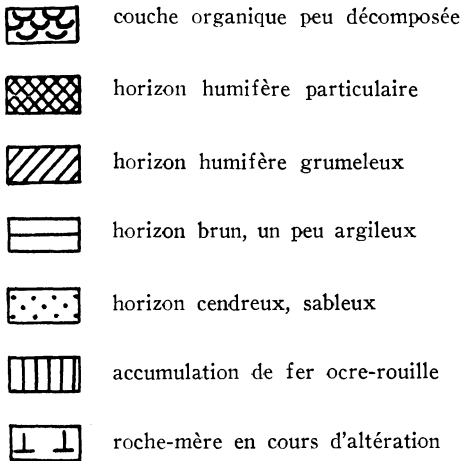
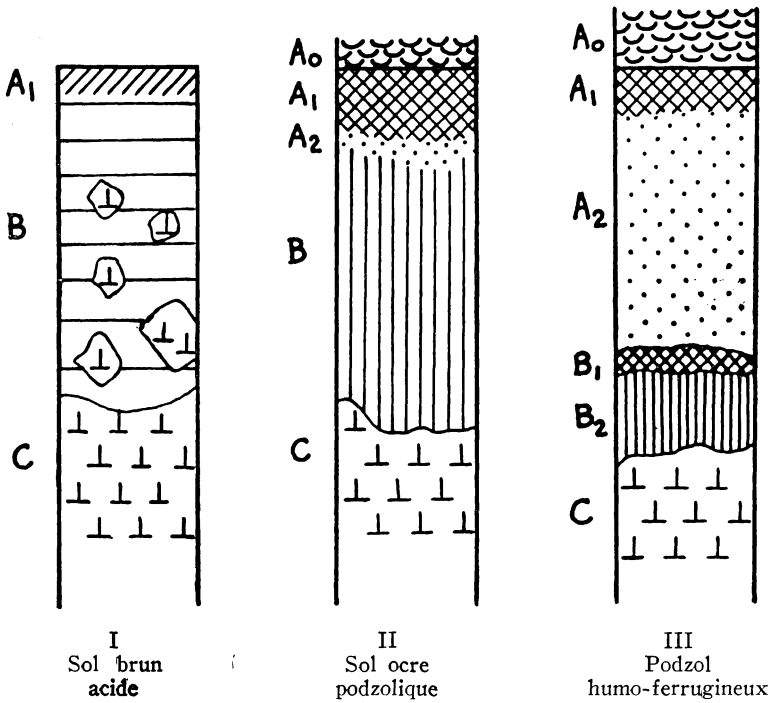


FIG. 1.

Schéma des types de sols.

d'un horizon A_2 lessivé, sporadique, peu épais et peu accentué, de 3 à 5 cm d'épaisseur, de couleur beige rosé. L'horizon le plus caractéristique est l'horizon B, d'une quarantaine de centimètres, de couleur ocre-rouille, à taches plus brunes : cet horizon est encore *meuble* et il est fortement pénétré par les racines absorbantes ; en dessous, on passe progressivement à la roche-mère, grès vosgien ou colluvium sableux.

c) *Les podzols humo-ferrugineux, à alios*, constituent la phase ultime de l'évolution.

L'humus est un humus brut fibreux, épais d'une dizaine de centimètres (horizon A_0) ; il surmonte un A_1 noir, formé de sable imprégné de matière organique, puis un A_2 cendrex, à structure particulaire, de 30 à 50 cm d'épaisseur.

L'horizon d'accumulation est double : il est constitué par un horizon B_1 noir, enrichi en matière organique par suite de migrations, encore *meuble*, surmontant un horizon B_2 , de couleur ocre-rouille, à structure fortement durcie (*alios ferrugineux*).

Sur les dalles de conglomérat, sur les pentes très fortes, formées de blocs de conglomérats éboulés, le profil du podzol n'est pas complètement développé ; tantôt on note une couche d'humus brut de 30 cm d'épaisseur, reposant directement sur la roche-mère (*Ranker à humus brut*), tantôt, au contraire, un A_2 cendrex, plus ou moins développé, existe entre l'horizon humifère et la roche-mère, l'horizon B manquant (*podzol humo-cendrex*).

2° Propriétés des 3 types de sols, action sur la végétation.

Les analyses, dont un résumé figure dans le tableau I, complètent utilement les caractères morphologiques et permettent de bien caractériser les propriétés essentielles des 3 types de sols.

L'évolution du premier type, sol brun à Mull, est conditionnée par un humus biologiquement actif, à décomposition rapide ; dans ces conditions, l'altération de la roche-mère est lente et le sol reste peu évolué ; l'indice d'entraînement du fer est réduit (1,2 à 1,5), il y a donc peu de lessivage. La texture est limoneuse, la teneur en argile dépassant 10 % ; ces conditions, renforcées par l'exposition fraîche, assurent aux espèces forestières une nutrition en eau satisfaisante.

L'humus est un Mull à décomposition rapide, caractérisé par un rapport C/N de 14 à 15, qui indique une activité biologique élevée et une bonne minéralisation de l'azote : la nutrition azotée est donc également satisfaisante.

Par contre, la teneur en bases échangeables, notamment en calcium, est très faible, ce qui explique l'acidité marquée ; mais la

TABLEAU I
Principaux caractères analytiques des sols

Types de sols	pH A ₀ ou A ₁	C/N A ₀	Argile % (1)	Calcium (2)	Ind.ent.r. ^t fer (3)	Ind.ent.r. ^t mat.org.(4)
Sol brun à Mull	4,5	14 - 15	12 - 14	0,06 à 0,10	1,2 à 1,5	-
Sol ocre podzologique	3,5 à 3,8	18 - 23	5	0,03 à 0,10	1,7 à 4	-
Podzol humo-ferrugineux	3,4 à 3,5	28 - 33	2 - 3	0,06 à 0,10	5,5 à 6	3 à 6

N. B.: les 2 chiffres indiquent l'amplitude des variations obtenues pour les différents profils.

- (1) Moyenne des horizons minéraux: A₂ - B - C.
- (2) Moyenne des horizons minéraux, en milliéquivalents pour 100 g.
- (3) Rapport fer libre horizon B/hor. A₂ ou A₁.
- (4) Rapport matière organique horizon B/hor. A₂.



Forêt du Ban d'Etival.
Série de Corne de Lisse - Parcelle 5.
(Cliché Arbonnier.)

rapidité de la minéralisation de l'humus, qui libère les bases apportées par les feuilles, compense en partie cette insuffisance.

Donc, ce sol est peu évolué pédologiquement, il est biologiquement actif; il assure une bonne nutrition en eau et en azote, mais il est pauvre en bases.

Les 2 autres types de sols procèdent d'une pédogénèse entièrement différente: elle est dominée par l'influence d'un humus à minéralisation plus lente (Moder ou Mor), générateur de produits organiques solubles, qui libèrent le fer et provoquent sa migration en profondeur.

Les sols ocres podzoliques, ou podzoliques, représentent les phases initiales de cette évolution: l'humus brut est encore peu épais; la libération des oxydes de fer, sous l'influence des composés organiques acides, est massive et la majeure partie du profil est colorée de ce fait en ocre vif (horizon B); mais la migration en profondeur de la matière organique et du fer est encore peu accentuée, de sorte que l'horizon A₂ est peu marqué ou même inexistant; au contraire, le podzol constitue une phase ultérieure de ce processus: l'entraînement du fer et de la matière organique atteint son maximum; l'horizon A₂, parfaitement cendreuse, est très épais; l'horizon B₁ se charge de composés humiques noirs et l'indice d'entraînement du fer atteint 6; l'horizon B₂ a alors tendance à durcir et à former un alios.

L'ensemble des profils, formés sur cailloutis ou sur grès vosgien, est très pauvre en argile; de ce fait, les réserves d'eau sont insuffisantes et le sol devient très sec, aux expositions chaudes; dans les stades initiaux (ocres podzoliques), l'horizon B est bien pénétré par les racines, mais il n'en est plus de même de l'alios durci des podzols, ce qui diminue la profondeur utile du sol et constitue une circonstance aggravante, à ce point de vue.

Le rapport C/N, de 18 à 23, dans les Mor peu épais, les Moder, atteint et dépasse 30, dans les humus bruts épais des podzols: dans ces conditions, la décomposition est lente et la nutrition azotée médiocre, surtout dans les podzols: les Résineux, toutefois, sont favorisés à ce point de vue par rapport au Hêtre, grâce à la présence des mycorhizes qui améliorent leurs conditions de nutrition en azote.

Quant à la teneur en bases, les horizons minéraux en sont extrêmement pauvres, notamment en calcium; une certaine quantité de calcium peut certes s'accumuler dans la couche organique A₀, mais, comme l'azote, elle est stockée sous forme peu assimilable.

En résumé, les sols bruns à Mull sont: 1) des sols bien pourvus en eau; 2) des sols à « cycle » d'éléments nutritifs (bases et azote) rapide: la vitesse de la décomposition des résidus organiques permet une réutilisation immédiate des éléments par la plante, donc

une circulation accélérée de ceux-ci de la plante au sol et du sol à la plante.

Au contraire, les sols podzoliques et surtout les podzols manquent de réserves d'eau, ce qui conduit à une *xérophilie* marquée des stations, aux expositions chaudes ; le cycle des éléments nutritifs est considérablement ralenti, par la faible décomposition de l'humus ; l'azote, les bases, sont ainsi stockés irréversiblement dans une matière organique, qui se décompose périodiquement seulement, à certaines phases de la vie du peuplement : coupes rases, incendies, chablis, provoquant une exposition plus ou moins brutale de l'humus au soleil, ce qui active sa minéralisation. Ces conditions sont donc moins favorables à la vie de l'arbre.

IV. — CONCLUSION ET RÉSUMÉ RÉPARTITION DES TYPES DE SOLS

Les sols bruns à Mull, nous l'avons déjà indiqué, occupent les pentes exposées au nord, des affleurements de grès intermédiaire ou de colluvium, comprenant un mélange d'éléments originaires du grès intermédiaire et d'éléments venant du grès vosgien.

Les sols ocres podzoliques plus ou moins évolués occupent les autres stations en pente ; soit colluvium mélangé du type précédent, mais à des expositions plus chaudes, soit affleurements de grès vosgien, à toutes expositions.

Enfin, les podzols humo-ferrugineux caractérisent les stations à faible pente, de préférence (plates-formes), sur les roches-mères les plus grossières : grès vosgien, colluvium grossier et caillouteux. Sur les affleurements de roches dures (conglomérats), on trouve les Ranker à humus brut et les podzols humo-cendreaux.

En ce qui concerne les relations entre le type de sols et la végétation forestière, on verra que le type d'humus (et, par conséquent, le processus de pédogénèse) constitue un facteur fondamental : il existe, à ce sujet, une coupure nette entre les sols à Mull, caractérisés par la Sapinière à Hêtre, et les sols podzoliques ou les podzols à Moder, ou à Mor, occupés par les peuplements de résineux purs et par une végétation où les mousses acidiphiles et la Myrtille occupent une grande place.

Mais le microclimat, l'exposition, jouent un rôle non moins essentiel, pour différencier les associations forestières acidiphiles, en plusieurs types, à hygrophilie ou à xérophilie plus ou moins accentuées : le facteur nutrition en eau, sur ces roches-mères à faible capacité de rétention, est en effet un facteur déterminant de la productivité de la station.

(Ph. D.)

ÉTUDE PHYTO-ÉCOLOGIQUE

I. — UTILITÉ D'UNE ÉTUDE FLORISTIQUE

Si l'étude précédente montre bien comment le sol, au sens pédologique du mot, reflète l'interaction des différents facteurs écologiques, celle qui suit va faire apparaître combien la végétation traduit elle aussi de façon très visible l'effet cumulé de ces facteurs.

Prise à l'échelle des végétaux ligneux, et des arbres en particulier, la flore suffit à donner un aspect physionomique de la forêt. Cet aspect n'est pas à négliger. C'est celui qu'utilise habituellement le forestier quand il se borne à une analyse succincte et rapide du massif. Il y a une sapinière à hêtre, une sapinière pure et une sapinière à pin sylvestre. Cependant, est-il suffisant de s'arrêter à ces grands aspects physionomiques? Nous voudrions montrer comment l'étude de la végétation herbacée, jointe à celle de la strate arborescente, permet d'apporter plus de précision, et une précision utile, à la connaissance de la forêt, sans toutefois compliquer beaucoup le travail du forestier.

L'étude floristique va alors faire apparaître quelques points essentiels :

- elle permettra de préciser chacun des grands types physionomiques,

- elle traduira les conditions de la station parfois plus fidèlement que les arbres qui sont sujets à des exploitations faussant la physionomie naturelle du peuplement,

- enfin et surtout la nature du tapis herbacé, l'écologie connue de certaines espèces, l'observation du milieu physique qu'elles créent (les mousses par exemple), fournissent d'excellentes indications sur l'état du sol, sa richesse, son bilan en eau, etc..., ainsi que sur les conditions de végétation de la forêt. Or, ces conditions sont souvent primordiales en ce qui concerne la germination et le développement des jeunes semis, donc, en un mot, la régénération. Elles le sont aussi en ce qui concerne la production de la station et la dernière partie de cette étude mettra en évidence cet aspect économique.

L'étude floristique peut être faite de façon plus ou moins approfondie. Nous avons voulu, dans ce travail, la faire avec le plus de précision possible. Nous avons procédé à des relevés suivant les méthodes phytosociologiques les plus classiques. Ces relevés nous ont fait apparaître des groupes d'espèces qui peuvent alors être considérées comme *indicatrices* des principaux types de forêt.

Il est en outre très intéressant de constater que ces groupes d'espèces indicatrices définissent des limites en parfaite concordance avec celles que l'étude pédologique a, de son côté, permis de préciser. Cette correspondance très satisfaisante des conditions pédolo-

giques (nature de l'humus en particulier) et des espèces indicatrices, ramène ainsi à la notion de groupements écologiques telle qu'elle a été définie par l'un de nous [5].

On pourra remarquer que ces groupes d'indicatrices sont constitués d'espèces très courantes, faciles à reconnaître et qu'aucun praticien n'est sensé ignorer dans la région considérée.

Un point encore reste à préciser au titre de ces généralités. On a souvent signalé la pauvreté en espèces de la flore des Vosges gréseuses. Mais à bien des aspects, ceci ne facilite pas les choses. Le nombre réduit des espèces limite les renseignements que l'on peut tirer de la flore. C'est la raison pour laquelle nous avons été amenés à utiliser dans ce travail les Mousses et les Hépatiques. En fait, le forestier vosgien sait parfaitement l'importance des Mousses dans ses peuplements. Elles sont de précieux indicateurs de l'état de l'humus. Elles constituent en outre un milieu physique dont le rôle est essentiel lors de la germination des graines de sapin et du développement des jeunes semis. Nous ne pouvions donc pas les négliger.

II. — DESCRIPTION ET CLASSIFICATION DES TYPES FLORISTIQUES

Des relevés floristiques ont été effectués en des points très variés du massif. Ces relevés sont des descriptions détaillées de la végétation ligneuse, sous-frutescente, herbacée et muscinale. Ils ont porté chaque fois sur une surface aussi homogène que possible et bien délimitée (dans le cas présent un carré de 10 m \times 10 m, soit 100 m²).

Dans chaque relevé ont été notés les renseignements suivants : altitude, exposition, pente, degré de recouvrement de la litière. L'inventaire complet des espèces végétales a été effectué par strate :

- Strate I : étage dominant
- Strate II : sous-étage et régénération
- Strate III : plantes sous-frutescentes et herbacées
- Strate IV : mousses et lichens.

La présence d'une espèce dans le relevé est complétée par des coefficients d'abondance et de dominance suivant les échelles conventionnelles les plus habituelles (*).

(*) 5 = espèce très abondante	5 recouvrement :	plus de 75 % dans la strate
4 = espèce abondante	4	de 50 à 75 %
3 = espèce peu abondante	3	de 25 à 50 %
2 = espèce rare	2	de 5 à 25 %
1 = espèce très rare	1	de 1 à 5 %
	+	moins de 1 %

16 relevés ont été ainsi effectués aux emplacements suivants :

N° du relevé	Série (**)	Parcelle	N° du relevé	Série (**)	Parcelle
1	Rein des Boules	4	9	Rein des Boules	7
2	Corne de Lisse	6	10	Naufragoutte	6
3	Rein des Boules	6	11	Corne de Lisse	5
4	Rein des Boules	1	12	Corne de Lisse	7
5	Rein des Boules	10	13	Rein des Boules	10
6	Naufragoutte	8	14	Corne de Lisse	4
7	Corne de Lisse	1	15	Naufragoutte	10
8	Naufragoutte	10	16	en limite de la parcelle 41 de la forêt domaniale	

La confrontation et le classement de ces relevés aboutit alors au tableau II. Les groupes d'espèces indicatrices y apparaissent clairement, mettant en évidence les types suivants :

Type I. — (relevés 1, 2, 3, 4, 5). — Il se caractérise en premier lieu par la présence constante du hêtre, qui existe toujours en abondance dans le sous-étage et dans la strate sous-frutescente à l'état de régénération latente. Sa présence dans l'étage dominant est sous la dépendance du forestier dont l'art est précisément de le maintenir dans une faible proportion pour des raisons aussi bien sylvicoles qu'économiques. L'allure même des peuplements du Ban d'Etival prouve qu'il peut arriver à y tenir une place importante, souvent même trop importante ainsi qu'il le sera montré au chapitre traitant de la production. Le hêtre entraîne la formation d'une litière de feuilles mortes abondante, qui couvre la surface du sol, réduisant souvent l'extension des espèces herbacées, alors que le tapis muscinal où l'on trouve *Catharinaea undulata* et *Polytrichum formosum* est très fragmentaire et souvent inexistant.

En outre, un groupe d'espèces accompagnent fidèlement le hêtre. C'est ainsi que la ronce, le lierre, *Oxalis acetosella*, *Festuca silvatica*, couvrent le sol. Les grandes fougères, notamment *Polystichum spinulosum* et *Athyrium Filix femina*, plus rarement *Polystichum Filix mas*, sont abondantes. On trouve également, sur les meilleurs sols, les caractéristiques du mull forestier, telles que *Melica uniflora*, *Milium effusum*, *Carex silvatica*, *Asperula odorata*, *Polygonatum multiflorum*, *Lamium galeobdolon*. Il s'y ajoute plus rarement les caractéristiques du mull actif comme *Geranium Robertianum*, *Stachys silvatica*, *Stellaria nemorum* [5].

Un caractère tout aussi net de ce type est l'absence à peu près totale des espèces acidiphiles comme la canche flexueuse et la myr-

(**) Dans cette forêt, les séries sont désignées par le nom du canton et non par un numéro.

TABLEAU II

	Type I					Type IIa			Type IIb				Type IIc		Type III	
Numéro des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Altitude (en m.)	550	590	550	580	540	440	410	430	560	490	590	600	550	580	430	430
Exposition	N.NO	N.NO	N.NO	N.NO	N.NO	N.E	S.O	N.O			S		N.O	S	S.O	S.SO
Pente (en%)	15	10	10	10	20	50	30	15			30		20	40	35	50
Strate I - recouvrement (en%)	90	60	40	30	80	40	80	75	75	70	70	70	70	70	20	20
<i>Abies pectinata</i> D C.	5.5	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.5	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.3		4.2
<i>Fagus silvatica</i> L.		5.3		5.2	4.3											
<i>Pinus silvestris</i> L.														2.2	3.2	4.2
Strate II - recouvrement (en%)	30	30	30	60	40	0	0	0	0	0	5	0	0	10	10	<5
<i>Fagus silvatica</i> L.	4.3	4.2	4.3	4.3	3.1											
<i>Abies pectinata</i> D C.		2.1		4.3	5.3									3.1	3.2	1.x
<i>Ilex aquifolium</i> L.	1.x													2.1		
Strate III - recouvrement (en%)	80	90	60	60	10	30	60	75	50	80	60	40	40	60	60	30
<i>Abies pectinata</i> D C.	3.1	3.x	3.x	3.x	3.1	4.2	2.x	2.x	4.2	4.2	4.1	4.1	3.1	2.1	1.x	1.x
<i>Fagus silvatica</i> L.	4.2	5.2	4.2	4.2	3.1	1.x					1.x		1.x			
<i>Rubus glandulosus</i> Bell.	3.2	5.4	4.2	5.3	1.x	1.x			1.x							
<i>Polystichum spinulosum</i> D C.	3.1	3.1	3.1	2.x		3.1			1.x							
<i>Oxalis acetosella</i> L.	3.1	4.2	3.1	3.1		1.x										
<i>Hedera helix</i> L.	3.1	3.1	3.x	3.1												
<i>Festuca silvatica</i> Vill.	3.1		3.x	3.1												
<i>Athyrium filix femina</i> Roth	3.1		3.1													
<i>Melica uniflora</i> Retz.	3.1		2.x													
<i>Stellaria nemorum</i> L.	3.1	3.1														
<i>Anemone nemorosa</i> L.	3.1		2.x													
<i>Prenanthes purpurea</i> L.	3.1		3.x													
<i>Lamium galeobdolon</i> (L.) Grantz.	3.1		1.x													
<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.	2.x		1.x													
<i>Digitalis purpurea</i> L.		2.x	3.x													
<i>Luzula albidula</i> D C.		2.x	3.1	4.1		2.x			2.x							
<i>Deschampsia flexuosa</i> Trin.			2.x		1.x	4.1		2.x	3.1		3.1	2.x	2.1	3.x		
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.					2.1	4.2	5.4	5.4	5.3	4.3	5.3	5.3	4.3	4.3	5.3	4.2
<i>Melampyrum pratense</i> L.					3.1	4.1		3.1		3.1	4.2		4.2			
<i>Pteridium aquilinum</i> L.							2.1	1.x	4.2	4.2		3.1		4.3	4.2	4.2
<i>Rhamnus frangula</i> L.										2.x			1.x	2.x	1.x	1.x
<i>Molinia coerulea</i> Moench.														2.1	1.x	3.1
<i>Calluna vulgaris</i> Salisb.															1.x	2.1
Strate IV - recouvrement (en %)	0	<5	10	<5	40	100	100	100	70	100	100	100	100	90	100	100
<i>Catharina undulata</i> (L.) Web. et Mohr.			2.x													
<i>Polytrichum formosum</i> Hedw.		1.x	3.1	2.x	3.2				3.2	3.1	2.1		3.3			
<i>Hypnum splendens</i> L.				2.x	2.1	2.1	3.1	4.2	2.1	3.1			2.x	3.1		2.1
<i>Hypnum loreum</i> L.		1.x			3.2	4.4	3.1	1.x	4.4	5.5	5.4	5.5	3.1	3.2	3.2	2.1
<i>Mastigobryum trilobatum</i> Nees.						2.1	5.4	5.4	2.1	3.2			1.x	2.1	3.2	2.1
<i>Sphagnum</i> sp.						4.3	4.2	4.3							3.2	2.1
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.			1.x	2.x	3.2		3.2	4.2			3.2		5.4	4.3	2.1	2.1
<i>Leucobryum glaucum</i> Hpe											2.1		4.1	4.2		2.1
<i>Hypnum schreberi</i> Willd.														2.1	4.3	4.4
<i>Cladonia</i> sp.															2.1	3.1
Litière - recouvrement (%)	90	60	60	80	60	0	0	0	5.10	0	0	0	0	5	0	0

Espèces présentes dans les relevés, non portées au tableau ci-dessus, suivies du numéro des relevés où elles se trouvent : *Sorbus aucuparia* L. 10 (strate II) 1, 9, 10, 12 (strate III) - *Picea exelsa* Link 8, 9, 12, 13 (plantules) - *Pinus silvestris* L. 6, 7, 8, (plantules) - *Luzula maxima* DC. 4, 5, 13 - *Rhamnus frangula* L. 14 (strate II) - *Sorbus aria* Grantz. 16 (strate III) - *Carex silvatica* Huds. 1 - *Carex pilulifera* L. 5 - *Luzula vernalis* DC. 3 - *Polypodium vulgare* L. 14 - *Polystichum filix-mas* Roth 1 - *Asperula odorata* L. 1 - *Geranium Robertianum* L. 1 - *Viola silvestris* Lamk. 1 - *Milium effusum* L. 1 - *Lysimachia nemorum* L. 1 - *Stachys silvatica* L. 1 -

TABLEAU III
Ecologie des différents types de stations

Numéro du type	Peuplement	Végétation	Stations	Sol
I	Sapin Hêtre	Festuca silvatica Polystichum spinulosum Rubus glandulosus Oxalis acetosella	1 — Grès intermédiaire assez riche en argile 2 — Sols colluviaux drainés sur versants frais	Sol brun à Mull acide
II	Sapin	<div><div>Myrtille et Mousses</div><div><div>a (facies hygrophile) Sphagnum Mastigobryum trilobatum</div><div>b (facies mesophile) Hypnum loreum</div><div>c (facies xerophile) Leucobryum glaucum</div></div></div>	... Sols colluviaux mal drainés ... Grès vosgien, plateaux et pentes exposition de transition ... Pentes fortes aux expositions chaudes à colluvium grossier	Sol de la série pod- zolique à Moder ou Mor (+ ou — évolué)
III	Pin sylvestre Sapin	Calluna vulgaris (Callune) Hypnum schreberi	1 — Dalle de conglomérat (taches de Molinia coerulea et de Sphagnum) 2 — Sols colluviaux de pentes ex- posées au Sud	Sol d'humus brut sur dalle Podzol humo-ferrugi- neux à alios et à mor épais

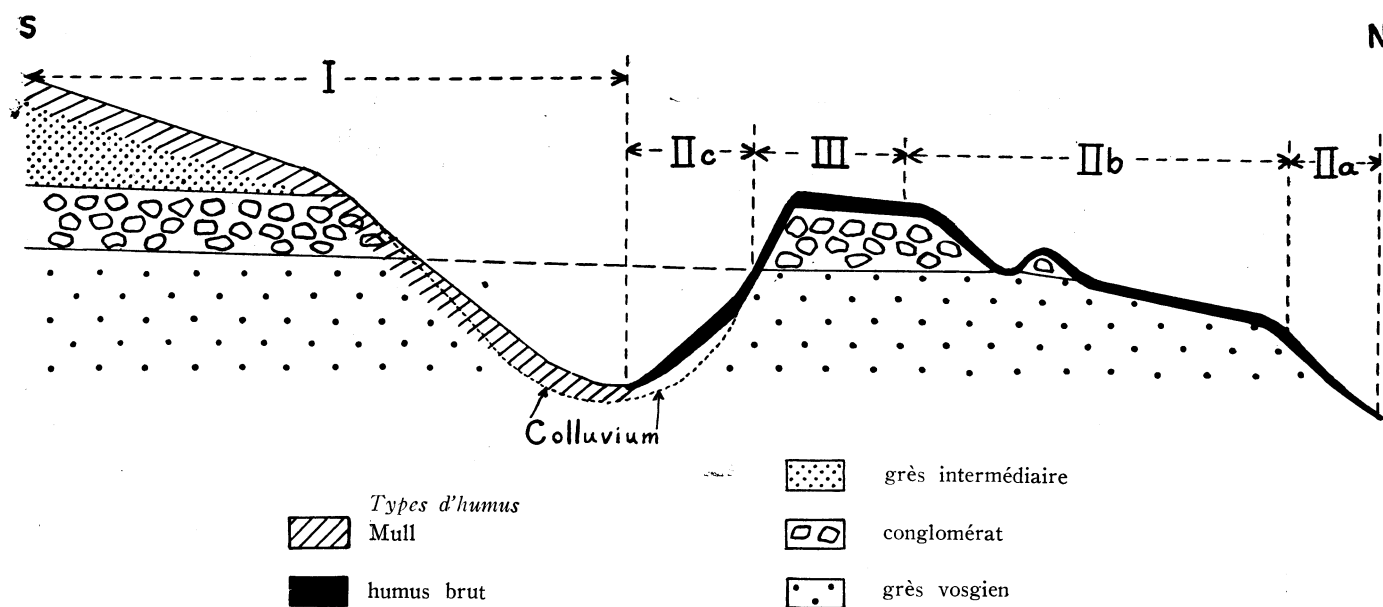


FIG. 2.

Coupe schématique nord-sud, montrant la répartition des types de forêt.

tille. On y rencontre seulement des acidiphiles moins accusées comme la luzule blanche (*Luzula albida*) et la digitale pourpre (*Digitalis purpurea*) ainsi que la grande luzule (*L. maxima*) dans les clairières humides.

Type II. — Dans ce type, le sol est au contraire couvert totalement par un tapis de mousses, l'étage dominant est constitué uniquement par le sapin; toutes les espèces abondantes dans le type I disparaissent, notamment le hêtre et la ronce. Par contre, les espèces acidiphiles comme la canche flexueuse, la fougère aigle, le mélampyre, la myrtille surtout, constituent la strate herbacée et sous-frutescente. Les Mousses et les Hépatiques forment cette fois une strate très dense. Leurs différentes espèces sont en relation étroite avec les conditions hydriques de la station et la nature de l'humus. C'est leur abondance relative qui permet de distinguer trois faciès à l'intérieur de ce type (*).

IIa. — Un faciès hygrophile (relevés 6, 7, 8). Le tapis muscinal est épais, spongieux. *Mastigobrium trilobatum* et *Sphagnum* sp. y dominent.

IIb. — Un faciès mesophile (relevés 9, 10, 11, 12), avec abondance de *Hypnum loreum*. Le tapis muscinal est épais mais aéré.

IIc. — Un faciès xérophile (relevés 13, 14). Le tapis muscinal est peu épais, quelquefois disloqué, avec abondance de *Dicranum scoparium* et présence de coussinets de *Leucobryum glaucum*. Ce dernier faciès où l'on peut noter la présence en petites nappes de *Hypnum schreberi* marque la transition vers le type III.

Type III. — Le pin sylvestre en général entre dans la composition de l'étage dominant. Il y a même quelquefois stratification de cet étage avec une strate de pin sylvestre au-dessus d'un sous-étage de sapin.

Dans la strate herbacée, on trouve comme dans le type II, la myrtille et la fougère aigle, cette dernière parfois en grande abondance; mais il s'y ajoute fréquemment la bourdaine (*Rhamnus frangula*) et la molinie, acidiphiles des sols peu perméables, ainsi que la callune, caractéristique de l'humus brut. *Hypnum schreberi* prend la première place dans le tapis muscinal où s'installent par taches des lichens du genre *Cladonia*.

(M. J. - E. F. D.)

(*) En ce qui concerne la nomenclature des Mousses, nous avons préféré employer le terme *Hypnum* souvent périmé aujourd'hui. C'est dans le souci de conserver à ce travail toute facilité d'interprétation par des praticiens qui ne sont pas des botanistes spécialistes.

SYNTHÈSE ÉCOLOGIQUE LA CARTOGRAPHIE DES STATIONS

I. — CONCORDANCE PÉDOLOGIE-FLORISTIQUE : RÉPARTITION DES TYPES

Les types de forêt, ainsi caractérisés par la composition floristique, peuvent en général se délimiter aisément sur le terrain. Ils forment, le plus souvent, de grands ensembles homogènes. Toutefois, il peut apparaître une imbrication en mosaïque, en particulier entre les différentes divisions du type II. La conséquence n'en est cependant pas grave, étant donné, comme on le verra plus loin, la similitude de production entre les types IIa et IIb. Il est normal aussi de trouver des transitions entre les types. C'est ainsi que le relevé n° 6, que la présence d'espèces acidiphiles et l'abondance du tapis muscinal font classer dans le type IIa, renferme des espèces caractéristiques du type I, comme *Fagus silvatica*, *Rubus glandulosus*, *Polystichum spinulosum*, *Oxalis acetosella*, mais ces espèces n'y jouent qu'un rôle très subordonné (dominance x ou 1).

Ce qui frappe, par contre, c'est la concordance très satisfaisante de la répartition des types définis par l'étude botanique, avec la localisation des types de sols définis par l'étude pédologique. On peut alors en dégager également la liaison très étroite qui existe avec les types de stations.

C'est cette concordance qui va s'avérer très féconde, pour l'aménagiste et le sylviculteur. Il est intéressant de la faire ressortir, sous forme d'un tableau et d'une coupe.

Le tableau III mérite quelques commentaires :

En ce qui concerne le type I et le type III, l'opposition des stations est complète : le type I caractérise les sols bruns à Mull, sur roche-mère contenant une certaine proportion d'argile, aux expositions fraîches ; le type III occupe les pentes exposées au sud, sur les roches-mères les plus grossières, où se développent des sols à humus brut ou des podzols.

Le type II, par contre, offre toutes les transitions entre ces deux extrêmes : alors que le type IIa, hygrophile, se rapproche du type I, par ses sols bien pourvus en eau et relativement peu évolués (sol ocre podzolique à Moder), le type IIc, au contraire, fait transition avec le type III, par ses sols à texture grossière, très podzolisés, aux expositions chaudes.

Quant au type IIb, qui est un type moyen, il occupe des stations assez variées, tantôt en pente, tantôt au contraire presque horizontales : de ce fait, il est caractérisé par une gamme complète de sols de la série podzolique (allant du sol ocre podzolique au podzol

à alios), les plus évolués se trouvant nécessairement sur les stations à faible pente.

II. — LA CARTOGRAPHIE

Un excellent moyen de mettre tous ces renseignements de façon synthétique au service du forestier consiste dans la cartographie. Faisant abstraction des détails d'imbrication et de transition entre les types précisés ci-dessus, nous avons pu avec assez de précision situer leurs limites et nous avons abouti à la carte reproduite en hors-texte dans cet article.

Nous avons travaillé sur une carte à l'échelle du 1/5 000 (l'échelle s'est trouvée évidemment réduite par la reproduction que nous publions ici). Cette échelle nous semble la plus indiquée pour le stade d'analyse que nous nous étions fixé. Pour cartographier les mêmes types dans des massifs beaucoup plus vastes et compte tenu du travail de détermination de ces types qui est acquis maintenant, nous pensons que le 1/10 000 pourrait alors très bien convenir. Il aurait en outre l'avantage de correspondre à l'échelle habituelle des plans forestiers dans les Vosges.

Les couleurs adoptées ont été choisies de manière à se rapprocher des conventions habituelles en matière de cartographie, tout en se prêtant à l'impression : bleu et vert marquant l'hygrophilie, rose et rouge la xérophilie (comprendre d'ailleurs xérophilie relative car il s'agit des Vosges et peut-on parler de xérophilie quand la pluviosité atteint 1 100 mm?).

Les types de sols ont été caractérisés à l'aide des types d'humus, qui, on l'a vu, conditionnent la pédogénèse. Le Mull, à décomposition rapide, donc peu abondant dans le profil, n'a pas été représenté. Par contre, les Moder et les Mor ont été indiqués par une ponctuation noire, d'autant plus serrée que leur épaisseur est plus forte : cette indication correspond à une épaisseur « moyenne », puisque celle-ci, comme on l'a vu, est très variable pour les types II.

(Ph. D.-M.J.)

PRODUCTION ET SYLVICULTURE

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

« L'analyse des types de végétation semble devoir être, pour le forestier, une indication précieuse sur la capacité de production des différents cantons d'une forêt aussi bien que sur le mode de traitement qu'il convient de lui appliquer ».

C'est ainsi que s'exprimaient avec justesse DUCHAUFOR et MILLISCHER (6) dans une récente étude.

Qu'une liaison existe entre la fertilité d'une station — définie par ses caractéristiques écologiques — et sa capacité de production ligneuse est une certitude quasi-intuitive.

Mais il n'y a que fort peu de temps qu'on a tenté chez nous de chiffrer cette relation.

Pourtant, reconnaissons-le, lorsqu'on choisit, pour cuber telle ou telle parcelle, un tarif ALGAN ou un autre, on fait jouer en l'oubliant, cette liaison qui existe entre la plus ou moins grande fertilité du sol et les tarifs gradués bien connus.

Et les six classes de taillis-sous-futaie de MATHEY étaient en fait basées sur la nature géologique du sol, variable classe par classe.

A vrai dire, avant DUCHAUFOR et MILLISCHER (6), les auteurs de « Sapinières » (17) avaient abordé le sujet sans s'y attarder.

SARGOS (16) de son côté, avait tenté de reconnaître dans les Landes des types de forêts de Pin maritime à productivités différentes; à part ces quelques études, le sujet reste encore à traiter en entier, ou peu s'en faut.

L'affaire est bien plus avancée à l'étranger. Elle débuta en forêts nordiques, là où les peuplements gardent les mêmes caractéristiques sur de vastes surfaces, facilitant ainsi grandement le travail des chercheurs.

L'étude de base a été entreprise par CAJANDER (18) et complétée par ILVESSALO, en Finlande, avant la dernière guerre: à chaque « type de forêt » de ce pays dénommé par une espèce caractéristique, correspond sans doute aucun pour l'épicéa, le pin ou le bouleau, une production déterminée. Les recherches de ces deux auteurs sont depuis longtemps maintenant passées dans la pratique courante dans leur pays.

Au Canada, où les conditions longuement uniformes de végétation rappellent souvent celles des pays scandinaves, l'emploi de la liaison station écologique-production ligneuse est devenue classique en matière d'aménagement de forêt. A la suite des travaux de LAFOND, il est courant dans le Québec de fixer simplement la possibilité-volume d'un massif forestier en fonction des « types de forêt » qui le composent. Le champ d'application de la méthode

au Canada vient encore tout récemment d'être étendu par l'œuvre de LINTEAU (10). Une extension en a également été mise au point aux Etats-Unis pour les forêts de *Pinus Banksiana* (9).

Les nations européennes sont maintenant pleinement entrées dans le mouvement.

Dès 1949, ETTER (7) précisait comment, en Suisse, les productions forestières pouvaient être étudiées par types phytosociologiques de stations. Et les forestiers allemands — tout spécialement ceux qui collaborent aux travaux de la station de Recherches forestières de Stuttgart — ont actuellement en chantier un vaste programme d'investigation, marqué en particulier par l'importante contribution de MOOSMAYER* (12) concernant les hêtraies et pessières de Souabe.

Nos amis belges sont également bien avancés dans cette voie; GALOUX et DAGNELIE ont efficacement disséqué les productions et les structures des hêtraies ardennaises (2).

Bien entendu, les types de forêts, et les productions qu'ils permettent de définir, se retrouvent en Europe orientale. Pour ne citer qu'un exemple, TREGUBOV (20) a apporté sa pierre à l'édifice commun en précisant le cas des futaies jardinées de Slovaquie.

Cette brève revue aura persuadé, pensons-nous, le lecteur d'une chose: la voie choisie est fructueuse, et si nous voulons y faire bonne figure, il est grand temps de s'y engager avec résolution!

II. — BUT ET MÉTHODES DE TRAVAIL

Les recherches de DUCHAUFOUR, JACAMON, DEBAZAC permettent de définir et cartographier, au Ban d'Etival, 5 types de stations sur lesquels nous ne reviendrons pas: I, IIa, IIb, IIc, et III.

Peut-on, à chacun de ces types, faire correspondre un type de peuplement déterminé, une production caractéristique, une sylviculture spéciale?

La forêt étudiée est divisée en 30 parcelles d'une surface de 3 à 4 hectares. Gérée par l'Ecole Forestière depuis 1885, et traitée en futaie jardinée modèle (19) elle est soigneusement, depuis cette date, inventoriée pied par pied tous les 10 ans. Tous les arbres exploités, à quelque titre que ce soit, sont, année par année, minutieusement comptabilisés. C'est dire que les productions peuvent être exactement connues, parcelle par parcelle, décade après décade.

Nous avons donc tout d'abord retenu des 30 divisions en cause celles qui *simultanément*:

1° avaient une structure normalement jardinée et stable;

* La plupart des ouvrages que nous citons comportent une bibliographie intéressante.

2° étaient en totalité — ou peu s'en faut — supportées par une station de type uniforme.

Chacun de ces compartiments ainsi définis constitue en fait une véritable placette d'expérience dans laquelle tous les éléments intéressants peuvent être connus.

Il a, au préalable, été nécessaire de déterminer, type de forêt par type de forêt, les tarifs de cubage à employer.

Nous avons choisi la gamme des tarifs Algan. Et, dans chaque type, nous avons mesuré au dendromètre Blume-Leiss les hauteurs totales de 20 à 30 arbres ayant 50 cm de diamètre à hauteur d'homme : d'où la hauteur moyenne des tiges correspondantes, dont nous avons vérifié la suffisante stabilité à l'aide des méthodes mathématiques-statistiques (calcul de l'écart-type des observations et de l'écart-type de la moyenne). Le cube « bois total » du sapin de 50 cm de diamètre étant, suivant la règle bien connue, égal au 1/10 de sa hauteur, nous avons pu chaque fois classiquement nous rattacher au tarif Algan convenable. Le résultat était du reste contrôlé par référence aux tarifs employés sur les calepins de martelage lors des ventes des coupes.

Il nous a donc été possible chaque fois de calculer dans de bonnes conditions d'exactitude tous les cubes nécessaires.

Les parcelles homogènes étant parfois insuffisantes en quantité pour fournir une documentation assez copieuse, nous les avons complétées par assiette sur le terrain d'un certain nombre de cercles de 10 ares (à l'aide du viseur dioptrique du dendromètre Blume-Leiss et d'une mire spéciale) à l'intérieur desquels tous les arbres ont été comptés et sondés à la tarière de Pressler pour permettre des calculs d'accroissement.

Enfin, nous avons mesuré, dans chaque type de peuplement, les hauteurs totales d'un nombre important des plus gros et plus hauts arbres : nous voulions en effet vérifier cette remarque faite par BADOUX (1) : en futaie jardinée normale, la hauteur moyenne atteinte par les plus gros arbres donne une première idée approximative de la production dans chaque cas particulier.

III. — RÉSULTATS OBTENUS

Disons tout d'abord qu'il est apparu inutile de différencier, au point de vue structure des peuplements et production ligneuse, les types IIa et IIb : les hauteurs, les productions n'y sont pas significativement différentes les unes des autres. Nous les étudierons donc ensemble en ce qui nous concerne.

D'autre part, si les types I, IIa/b, IIc, portent une futaie jardinée de sapin plus ou moins mélangée de hêtres, les peuplements du Type III (du reste pratiquement inexistant dans la forêt même faisant l'objet de cette étude) forment la plupart du temps futaie

Forêt du Ban d'Etival.

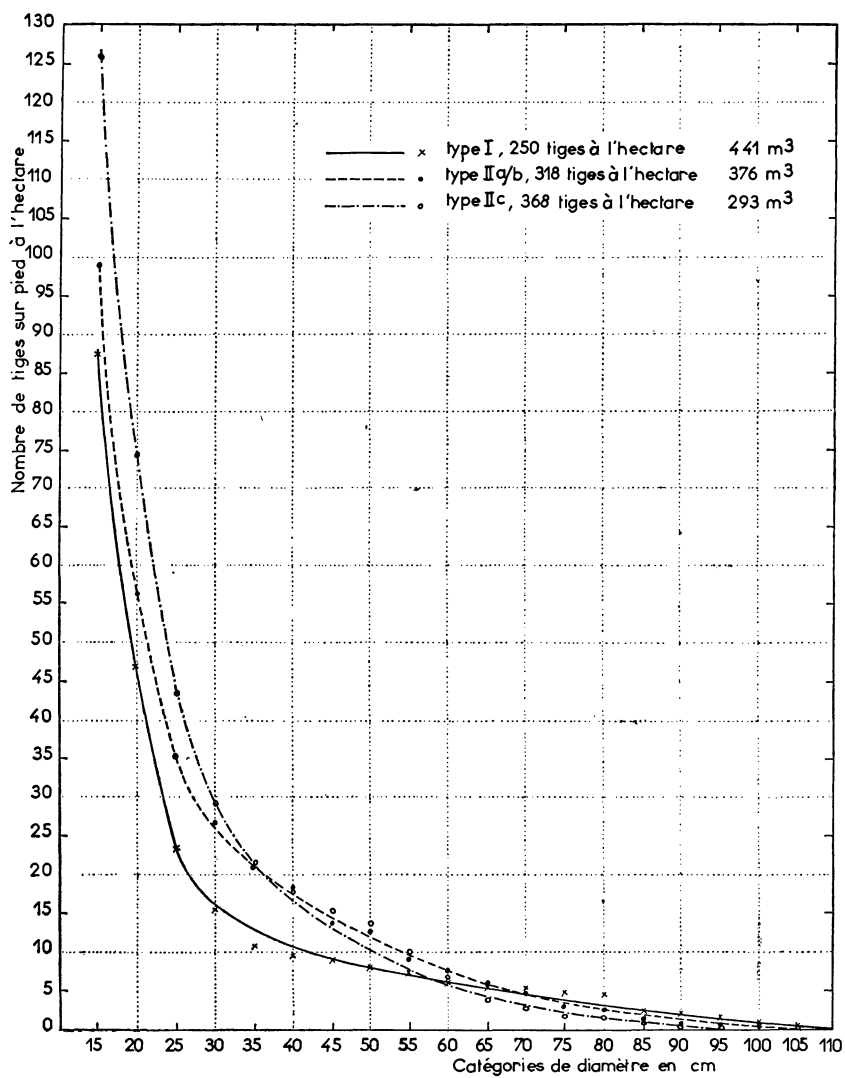


FIG. 1.

régulière de pins sylvestres. Nous n'avons pas recueilli dans ce cas des données aussi complètes que par ailleurs.

1° *Les nombres de tiges à l'hectare.*

Les tiges ont toujours été inventoriées à partir de la dimension 12,5 cm de diamètre à hauteur d'homme, et groupées en catégories de 5 cm chacune.

Les résultats sont les suivants :

Type étudié	Nombre moyen de tiges à l'hectare	Ecart-type des observations %	Ecart-type de la moyenne %
—	—	—	—
I	250	11,9	3,1
II a/b	318	11,6	2,7
II c	368	12,7	5,1
III	futaie régulière de pins sylvestres		

On vérifie donc encore, cette fois en futaie jardinée, que plus une station est fertile, moins le peuplement qu'elle porte est riche en tiges (13). Si on classe ces tiges par catégories de diamètre, il est très facile de tracer les trois courbes correspondantes, nettement distinctes les unes des autres (figure 1).

Nous n'avons malheureusement pas la place ici de comparer ces courbes à certaines normes existantes. Constatons toutefois combien le tracé se « raccourcit » vers la droite lorsque la station devient moins riche (par diminution des dimensions des plus gros arbres) tandis que simultanément la courbe « monte » le long de l'axe des ordonnées, en devenant moins creuse.

Il y a là une évolution à caractère très général qui mériterait certainement une étude plus fouillée.

2° *Les tarifs de cubage et les volumes sur pied.*

Les tarifs de cubage qu'il convient d'appliquer aux peuplements étudiés varient en fonction de la fertilité de la station.

Type I — Tarif Algan n° 17
 Type II a/b — Tarif Algan n° 13
 Type II c — Tarif Algan n° 10.

Ces tarifs sont valables pour le sapin, et donnent les volumes totaux des arbres. Les tarifs correspondants feuillus sont inférieurs de deux points aux précédents.

Quant aux volumes sur pied globaux, ils sont également en relation nette avec le type de forêt :

Type de forêt	Volume sur pied à l'hectare		
	moyen (m ³)	Ecart-type des observations %	Ecart-type de la moyenne %
I	441	9,6	2,5
II a/b	376	6,2	1,5
II c	293	8,3	3,4

Observations :

I : pratiquement de 400 à 500 mètres cubes.

II a/b : pratiquement de 350 à 400 mètres cubes.

II c : pratiquement de 280 à 330 mètres cubes.

On notera que les volumes sur pied sont inversement proportionnels aux nombres de tiges, ce qui n'a rien que de très normal.

Par ailleurs, si dans les types II a/b et II c la proportion de hêtres dans le peuplement est insignifiante (5 à 10 mètres cubes à l'hectare), elle devient très importante dans le type I. Dans la parcelle 4 de Rein des Boules par exemple, très classique et voisine de la moyenne du type, on trouvait, en 1949, 420 mètres cubes sur pied à l'ha, dont :

317 mètres cubes de sapin
103 mètres cubes de hêtre.

Ce rôle déterminant du hêtre dans le type I et dans lui seul est un des points importants de cette étude.

3° Les productions

Elles sont bien différenciées (*) pour chaque type de peuplement, dans les conditions suivantes :

Type de forêt	Essence	Productions à l'ha		
		m ³ /ha/an	Ecart-type des observations %	Ecart-type de la moyenne %
I	Sapin-hêtre.	8,2	15,1	4,3
II a/b	Sapin	6,5	19,4	4,8
II c	Sapin	4,5	24,6	10,1
III	Pin sylvestre	3 à 5	»	»

Observations :

I : pratiquement de 8 à 9 m³/ha/an.

II a/b : pratiquement de 6 à 7 m³/ha/an.

II c : pratiquement 4 à 5 m³/ha/an.

III : pour futaie régulière à 120 ans d'âge.

(*) Pour toutes les moyennes figurant dans ce chapitre, un test statistique classique permet de s'assurer que les valeurs trouvées sont bien significative-



Forêt du Ban d'Etival.
Série de Corne de Lisse - Parcelle 4.

(Cliché Arbonnier.)

Les premiers de ces résultats concordent assez bien avec leurs homologues de l'étude faite il y a 5 ans en forêt communale de Bus-sang par DUCHAUFOUR, et MILLISCHER (6) : 6 à 7 m³/ha/an pour ce qui correspond à notre type II a/b, 8 à 10 m³/ha/an pour leur type à grande fêtuque (soit notre type I). Cette concordance donne à penser que les résultats recueillis au Ban d'Etival conservent sans doute leur valeur dans un territoire assez important autour de la forêt étudiée.

4° La hauteur moyenne des plus gros arbres.

Nous jugeons préférable sur ce point de donner simplement les fourchettes des mesures faites, pour que le lecteur ne soit pas frappé par une impression excessive de précision.

Type étudié	Essence	Fourchette de hauteur totale des plus gros arbres
I	Sapin	37 à 45 mètres
II a/b	Sapin	32 à 38 mètres
II c	Sapin	28 à 33 mètres
III	Pin sylvestre*	24 à 26 mètres à 120 ans (hauteur moyen- ne du peuplement à 120 ans = 23 mètres).

On prêterait attention à deux remarques déjà notées par des auteurs suisses (1) (7) ou français (17) :

1° La hauteur moyenne atteinte par les plus gros arbres permet véritablement, en première approximation, de classer les peuplements en cause dans l'échelle des productions ;

2° Dans une futaie jardinée de sapin normale, on obtient une valeur convenablement approchée du matériel sur pied à l'ha (en mètres cubes) en multipliant par 10 la hauteur moyenne des plus gros (et plus hauts) arbres exprimée en mètres.

Les études faites au Ban d'Etival confirment nettement les observations antérieures.

5° La régénération.

Dans le type I, la régénération en hêtre est surabondante, voire envahissante. Celle du sapin est au contraire très déficiente : or, c'est précisément elle qui intéresse le forestier.

Dans les types suivants, la régénération en hêtre est pratiquement inexistante. Celle du sapin est satisfaisante dans le type II a/b, elle

ment différentes les unes des autres. Voir à ce sujet VESSEREAU (Méthodes statistiques en biologie et en agronomie), pages 109 et 370.

* Des sapins mesurés au milieu des peuplements de pin sylvestre accusaient une hauteur totale de 21 à 23 m seulement. Leurs âges oscillaient entre 150 et 200 ans !

redevient difficile en type II c, et disparaît en type III ou peu s'en faut.

Des comptages de semis de sapins de moins de 5 ans ont été faits en type I et II a/b, qui illustrent bien ce que nous venons de dire (*):

En type I, on a trouvé 3 à 4 jeunes sapins au m² seulement, qui ont tendance à disparaître après 5 ans, tandis que les semis de hêtre demeurent nombreux et vigoureux.

En type II a/b au contraire, on décompte 30 à 36 semis de sapins au m² (ces semis étant du reste moins nombreux dans les taches de myrtille).

Ces constatations permettront au sylviculteur d'orienter son action en conséquence lorsqu'il voudra obtenir la régénération du sapin en type I: cette action devra alors tendre à favoriser une acidification légère et provisoire de l'humus.

6° La question du hêtre en type I.

Dans ce type de peuplement et dans lui seul, le forestier devra lutter contre l'envahissement du hêtre: parce que, en premier lieu, sa régénération excessive entrave certainement celle du sapin; parce que aussi, à augmenter par trop la proportion du hêtre dans le peuplement, on finit par diminuer sensiblement la production d'ensemble.

Il a été constaté, en forêt communale de Bussang, sur type à grande fêtuque (type I) que, lorsque le hêtre joue un rôle minime dans le peuplement principal, la production peut monter à 10 ou 11 mètres cubes par ha et par an. Il semble donc possible de chiffrer au Ban d'Etival à quelque 2 m³/ha/an le gain de production qu'on pourrait réaliser en type I si l'on ramenait la proportion du hêtre à un chiffre raisonnable — disons 10 % par exemple en volume.

(J. P.)

CONCLUSION

Un point essentiel se dégage de cette étude. L'analyse pédologique et floristique permet de déterminer des types de stations et de les délimiter sur le terrain avec une précision très suffisante. A ces types écologiques correspondent, de façon vraiment satisfaisante, des types de peuplement susceptibles de sylvicultures différentes et fournissant des productions différentes.

Il devient alors logique de penser que ce genre de travail va trouver au point de vue pratique, deux sortes d'applications:

— au service de l'aménagiste d'abord, en lui facilitant la délimi-

(*) Chiffres fournis par M. L. ROUSSEAU; ils seront prochainement publiés dans une étude générale sur la sapinière vosgienne.

tation des surfaces homogènes quant à la station et par suite quant au peuplement, en lui permettant de se faire une idée de leurs proportions respectives sur l'ensemble du massif ; en lui donnant, si la forêt est en état d'équilibre suffisant, une indication précieuse sur la production, et même, peut-être sur la possibilité qui est admissible pour chaque type.

Il est bien entendu que l'étude pédologique et floristique devra alors avoir le souci des grands ensembles, de la dimension de quelques hectares au moins. L'expression synthétique et pratique de ce travail se traduira par la cartographie des stations.

— au service du *sylviculteur* en second lieu, qui, s'appuyant sur des règles de culture se référant aux groupements écologiques, pourra entrer beaucoup plus dans le détail au moment même des martelages en les nuancant au vu des espèces indicatrices qu'il rencontrera.

Enfin, cette étude faite au Ban d'Etival sur une centaine d'hectares, aboutit à des résultats qui sont, à notre avis, susceptibles d'une application beaucoup plus vaste. Ils sont en concordance très satisfaisante avec les très nombreuses observations que les uns ou les autres d'entre nous ont pu faire à maintes occasions en des points très variés du vaste massif des Basses-Vosges (*).

Nous souhaitons que des expériences similaires puissent être entreprises dans d'autres régions de France en s'appuyant sur le principe que la forêt d'études choisie constitue un bon échantillonnage d'une région beaucoup plus vaste à laquelle les résultats soient susceptibles de s'appliquer. Le jour où des conclusions positives auront pu être ainsi dégagées pour quelques grandes régions forestières homogènes, la notion de type de forêt aura définitivement acquis droit de cité dans la pratique courante en France.

Ph. DUCHAUFOUR - M. JACAMON - E.-F. DEBAZAC - J. PARDÉ.

BIBLIOGRAPHIE

1. BADOUX (E.). — L'allure de l'accroissement dans la forêt jardinée. *Annales de la Station Suisse de Recherches forestières*, tome XXVI, fasc. 1, 1949, pp. 9-58.
2. DAGNELIE (P.). — Recherches sur la production des hêtraies d'Ardennes en relation avec les types phytosociologiques et les facteurs écologiques. *Bull. de l'Institut Agron. de Gembloux*, 1956, pp. 249-284 et 369-410; 1957, pp. 44-94.
3. DUCHAUFOUR (Ph.). — Les sols des forêts résineuses des Basses-Vosges. *R.F.F.*, n° 9-10, août-sep., 1955, pp. 675-685.

(*) Nous nous devons de signaler ici l'aide extrêmement précieuse et les avis très autorisés que nous avons toujours rencontrés auprès de M. l'Ingénieur CHENAL, Chef de Cantonnement à Saint-Dié, sur le service duquel nous avons eu très souvent l'occasion de nous rendre.

4. DUCHAUFOR (Ph.). — L'action des divers types d'humus sur les processus d'enracinement dans le sol forestier. *R.F.F.*, n° 12, déc. 1957, pp. 887-897.
5. DUCHAUFOR (Ph.). — Pédologie. Tableaux descriptifs et analytiques des sols. *Éditions de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts*, Nancy, 1957, 87 p.
6. DUCHAUFOR (Ph.) et MILLISCHER (H.). — Etude des types de végétation dans une sapinière vosgienne. *R.F.F.*, mars 1954, pp. 160-178.
7. ETTER (H. von). — Über die Ertragsfähigkeit verschiedener Standortstypen. *Mitteilungen der schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen*, Band XXVI, Zürich, 1949, pp. 91-152.
8. GUINIER (Ph.) et MAIRE (R.). — Rapport sur les excursions de la Société botanique de France en Lorraine (juillet-août 1908). *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. 55, 1908, pp. LXXVIX-CL.
9. KABZENS (A.) et KIRBY (C.-C.). — The growth and yield of Jack Pine in Saskatchewan. Regina, 1956, 66 p.
10. LINTEAU (A.). — Forest site classification of the Northeastern Coniferous Section Boreal Forest Region Quebec. Ottawa, 1955, 85 p.
11. MANIL (G.). — Les sols forestiers de l'Ardenne. Le plateau de Saint-Hubert Nassogne. *Bull. de l'Institut Agron. de Gembloux*, t. XXI, n° 3-4, 1953.
12. MOOSMAYER (H.-H.). — Zur ertragskundlichen Auswertung der Standortsgliederung der Ostteil der schwäbischen Alb. *Mitt. des Vereins für forstliche Ertragskunde und Forstpflanzenzüchtung*. Stuttgart, n° 7, déc. 1957, pp. 1-41.
13. PARDÉ (J.). — Réflexions sur l'éclaircie dans les futaies de Chêne. *Bull. Soc. for. Franche-Comté*, n° 8, déc. 1957, pp. 426-434.
14. ROL (R.). — Contribution à l'étude de la répartition du Sapin. *Annales E.N.E.F.*, t. VI, fasc. 2, 1937, pp. 237-290.
15. ROL (R.). — Végétation de la Lorraine. *Notices botaniques et itinéraires commentés. VIII^e Congrès international de Botanique*, 1954, pp. 1-28.
16. SARGOS (R.). — Statistique de production, bois et gemme, de la forêt landaise. *R.E.F.*, 1938, pp. 37-51 et 116-127.
17. SCHAEFFER (A.), GAZIN (A.), d'ALVERNY (A.). — Sapinières. Presses Universitaires de France, 1930, 100 p.
18. SCHAEFFER (L.). — Les types de forêt de Cajander. *R.E.F.*, 1944, pp. 245-263.
19. SCHAEFFER (L.). — Sur trois modes de calcul de la possibilité des futaies jardinées. *Annales E.N.E.F.*, 1931, pp. 3-82.
20. TREGUBOV (V.). — Bonitiranje rastisc (Station et classe de fertilité) in « futaies jardinées de Sneznick — monographie phytosociologique et forestière ». *Travaux de la faculté forestière de Ljubljana*, 1957, pp. 155-159.

Du 11 au 19 octobre 1958

de 9 h. 30 à 18 h.

LE 8^e SALON DU CHAMPIGNON

dans les Galeries du Jardin des Plantes

12, rue Buffon (métro Austerlitz)

FORÊT DU BAN D'ETIVAL

Séries de l'Ecole Forestière

